

中庸熱ポルトランドセメントを使用した壁式橋脚における温度応力に関する一考察

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 ○松本 浩一

JR 東日本 東北工事事務所 正会員 大庭 光商

1.はじめに

マスコンクリートの施工では有害な温度ひび割れ防止のため、低発熱型セメントを使用した水和発熱抑制が行われている。

本研究は普通ポルトランドセメントより発熱量が小さく、東北地方において比較的入手の容易な中庸熱ポルトランドセメントについて実構造物の壁式橋脚に適用し、フーチングによる外部拘束の影響、クリープ性状について検討を行ったものである。

2.対象構造物と計測概要

今回の対象構造物の概要を図-1 に示す。本研究で対象とした構造物は、青森県内で施工されたもので最大幅 15.8m×3.7m、高さ 8.8m の橋脚のうち、フーチング直上の高さ約 3.6m の第 1 リフト 117m³ である。各計測機器についてはフーチング天端から 1.8m の高さの位置に図-1 に示すように設置した。さらにコンクリート打設時に供試体を作成し、積算温度の計測と静弾性係数試験を行った。

3.温度応力解析

本研究の対象構造物において温度解析、温度応力解析を行った。解析方法は JCI の方法による FEM 温度解析、CP 法による温度応力解析で、解析条件を表-1 に示す。密度等は対象構造物の値を用いており、コンクリートの比熱、熱伝導率等についてはコンクリート標準示方書(以下示方書)の値を用いた。圧縮強度については、対象構造物の設計基準強度の基準材齢を 56 日としたため、圧縮強度式は材齢 24 日を適用し、強度は材齢 56 日の設計基準強度 24N/mm² を用いた。

今回の解析に用いた 2 次元 FEM 解析モデルを図-2 に、橋脚に用いたコンクリートの配合を表-2 に示す。単位セメント量は 257kg/m³、水セメント比は 58.3%とした。図-3 には、今回解析に用いた中庸熱ポルトランドセメントと普通ポルトランドセメントの断熱温度上昇特性を示す。

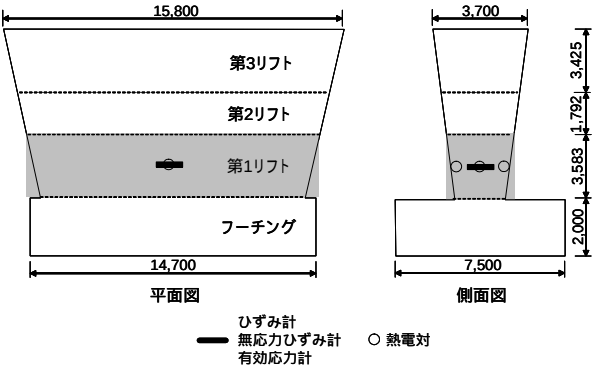


図-1 構造物の概要

表-1 解析条件

項目	単位	解析条件値または解析条件式
比熱	kJ/kg	コンクリート: 1.16
熱伝達率	W/m	コンクリート: 2.7
密度	kg/m³	コンクリート: 2423
断熱温度上昇式		図-3
打込み温度		12.0
外気温		6.0
表面熱伝達率	W/m	散水: 14 合板: 8 対流境界: 13
圧縮強度	N/mm²	$f'_c(t) = t \cdot f'_c(56) \cdot 1.15 / (6.2 + 0.93t)$ $f'_c(56) = 24$
引張強度	N/mm²	$f_t(t) = 0.44(f'_c(t))^{0.5}$
弾性係数	N/mm²	$E_c(t) = 4700(f'_c(t))^{0.5}$
クリープ係数		$E_{\phi c}(t) = \phi(t) \cdot E_c(t)$ $\phi(t) = 0.73$ (材齢3日まで) $\phi(t) = 1.00$ (材齢5日以降)
熱膨張係数	1/	0.00001
解析期間	日	31

表-2 配合表

設計基準強度 (N/mm²)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)				
				W	C	S	G	A
24	25	58.3	46.8	150	257	875	1139	2.313

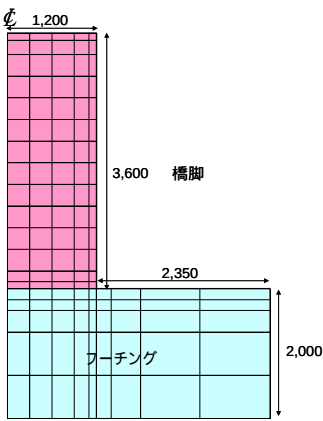


図-2 FEM 解析モデル

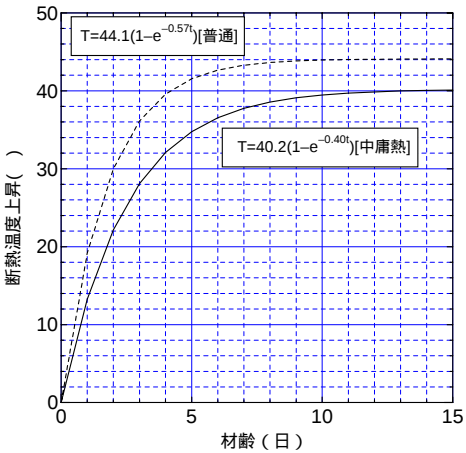


図-3 各種コンクリートの断熱温度上昇特性

キーワード 中庸熱ポルトランドセメント,温度応力,マスコンクリート

連絡先：〒980-8580 仙台市青葉区五橋 1-1-1 JR 東日本東北工事事務所 Tel022-266-9664 Fax022-268-6489

4. 施工結果

コンクリート打設は、12月の午前9時頃から開始し午後2時前に完了した。なお打設日の天候は小雨、打設中の外気温は約6℃、打設時のコンクリート温度は約12℃であった。冬季の打設で、現地は最低気温が氷点下となる条件となるため、コンクリートの打設温度、養生方法等に配慮し施工した。

計測は施工の都合上、コンクリート温度の降下を外気温に近くなった時点（材齢22日）で終了した。またその時点でコンクリートのひび割れ調査を行ったが、温度ひび割れの発生は認められなかった。

5. 計測結果

図-4は橋脚中心部のコンクリート温度の解析と施工結果についての時系列である。

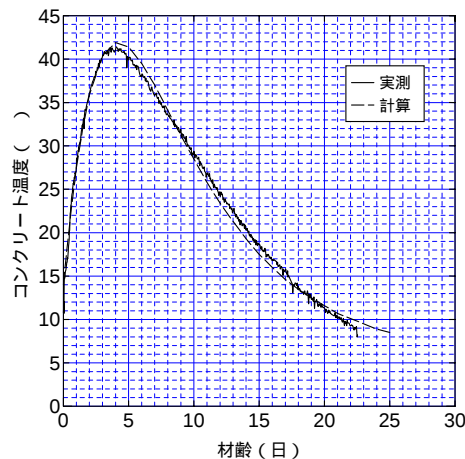


図-4 コンクリート温度と実測比較

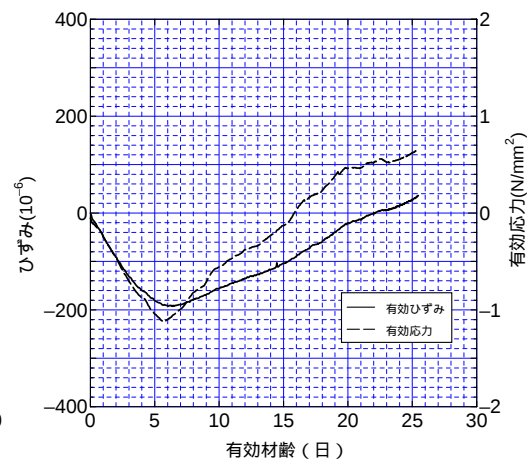


図-5 有効応力と有効ひずみの時系列

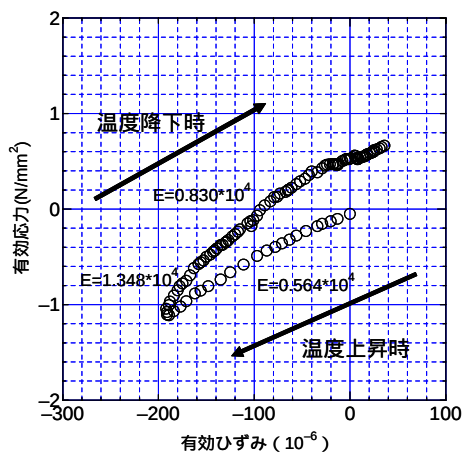


図-6 有効弾性係数の推移
(図中の数字は有効材齢)

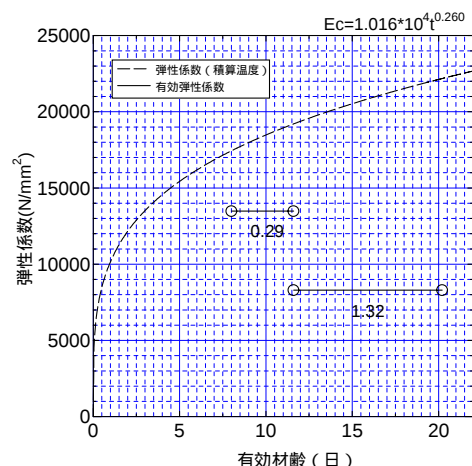


図-7 温度降下域の弾性係数と有効弾性係数
(図中の数字はクリープ係数)

コンクリートの最高温度は約42℃であり、打設温度と比較し約30℃の上昇量であった。解析結果と施工時のコンクリート温度を比較するとほぼ一致した。図-5に対象構造物において計測した有効応力と有効ひずみの時系列を示す。有効応力は有効材齢5日で1N/mm²の圧縮強度が卓越する。有効材齢20日で有効応力が0.6N/mm²の引張応力となった。この有効応力と有効ひずみの関係から有効弾性係数を算出した。図-6が有効弾性係数の推移である。図中に示した数字が有効弾性係数を示している。温度上昇域は有効材齢6日まで、有効材齢6日以降が温度降下域となり、温度降下域の有効弾性係数は $E_e=0.8 \sim 1.3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ と推移した。静弾性係数試験により求めた弾性係数と温度降下域における有効弾性係数を比較したものが図-7である。図中の数字は各有効弾性係数に対応するクリープ係数を示している。

6. まとめ

- ・橋脚中心部のコンクリート温度の計測結果は解析と一致した。
- ・温度降下域においてクリープ係数は0.29～1.32と推移した。

対象構造物は材齢11日以降で示方書に与えられている数値と比較し、クリープの影響が大きいことが分かった。弱材齢時の温度降下時におけるクリープが大きいことから、特に引張応力が卓越する温度応力の低減効果により、温度ひび割れの発生が抑制されたと考えられ、このスケールの温度応力低減効果について中庸熱ポルトランドセメントは有効であることがわかった。

参考文献

- 1) 松本浩一, 大庭光商: 中庸熱ポルトランドセメントを使用したマスコンクリートの温度応力解析, 平成16年度土木学会東北支部技術研究発表会, 2005.3